





# QUALE POTENZIALE È PRESENTE NEGLI ACQUEDOTTI TICINESI? DAL POTENZIALE TEORICO AL POTENZIALE EFFETTIVAMENTE SFRUTTABILE

Linda Soma, Nerio Cereghetti

Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito, SUPSI

Camilla Santicoli, Luca Solcà, Roberto Rossi

CSD Ingegneri SA

Raffaele Domeniconi

Società Svizzera dell'Industria del Gas e delle Acque

*Il progetto “Elettricità dall'acqua potabile”, che vede coinvolto l'Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito della SUPSI, la CSD Ingegneri SA e la Società Svizzera dell'Industria del Gas e delle Acque, è terminato nella primavera del 2017, e ha esplorato la potenzialità degli impianti idroelettrici di piccole dimensioni che potrebbero essere posti negli acquedotti, valutando nel contempo il possibile incremento di energia proveniente da questo tipo di sfruttamento particolarmente sostenibile della risorsa idrica. L'analisi effettuata sul territorio cantonale, partendo da 300 casi teorici, ha permesso di valutare dal punto di vista tecnico ed economico 54 casi. Oltre a fornire uno stato dell'arte degli acquedotti esistenti e della loro complessità, la ricerca ha consentito di individuare le principali barriere alla fattibilità tecnico-economica. Infine ha identificato le situazioni ad oggi più promettenti per un possibile sfruttamento energetico, rispondendo a una delle misure del Piano Energetico Cantonale (PEC).<sup>1</sup>*

## **Introduzione**

Lo sfruttamento dell'energia idroelettrica in Ticino rappresenta un elemento caratteristico: circa il 95% della produzione di energia elettrica sul territorio cantonale deriva infatti dello sfruttamento idrico (3.415 GWh su un totale di 3.616 GWh; dati 2016).

Ad oggi, dei 3.415 GWh di energia idroelettrica prodotti nel 2016, 9,5 GWh sono generati grazie al turbinaggio dell'acqua potabile, tramite impianti idroelettrici collocati sugli acquedotti. Gli acquedotti nel loro insieme devono primariamente soddisfare il fabbisogno per l'acqua potabile; al contempo possono però generare energia elettrica, senza avere un impatto sulla natura e sull'ecologia fluviale, un rischio maggiormente presente nello sfruttamento di fiumi e riali. Tale tipologia d'impianto, pur presentando nella maggior parte dei casi una produzione irrisoria rispetto a quella generata grazie allo sfruttamento delle dighe, propone dunque un enorme vantaggio in termini ambientali. Permette inoltre la dislocazione delle risorse in acquedotti posti in punti diversi del territorio, ciò che non avviene per le grandi opere, che in Ticino sono interamente presenti nella parte settentrionale del cantone.

La ricerca se da un lato ha lo scopo di proporre l'attuale stato dell'arte degli acquedotti esistenti, dall'altro ha l'obiettivo di indagare la reale potenzialità ancora inesplorata degli acquedotti ticinesi, definendo quali dei potenziali teorici valutati siano effettivamente sfruttabili, dopo l'analisi tecnica e infine economica dei casi. Inoltre vuole dare indicazioni sui fattori maggiormente vincolanti affinché un potenziale teorico diventi una reale possibilità di sfruttamento.

Non da ultimo, identificare le potenze ancora installabili negli acquedotti nel Canton Ticino consente di avere un valore di riferimento nell'ambito delle politiche energetiche, definendo dunque un limite oltre il quale lo sfruttamento energetico nell'ambito del turbinaggio delle acque potabili non è pensabile.

## **Metodologia**

La metodologia applicata si basa sulla valutazione preliminare di tutti i casi esistenti, cioè tratti di acquedotti sui quali si potrebbero collocare degli impianti (fase 1); e attraverso il calcolo dei potenziali teorici, cerca di circoscrivere i casi interessanti da verificare in sito, con la relativa analisi tecnico-economica (fase 2).

<sup>1</sup> Nasce con lo scopo di integrare e coordinare obiettivi di sviluppo economico e sociale con obiettivi di politica ambientale e climatica. Per approfondimenti si rimanda alla pagina: [www.ti.ch/PEC](http://www.ti.ch/PEC).

La metodologia [F. 1] ha seguito nello specifico le seguenti fasi: i) raccolta dei dati generali degli acquedotti (portata media, quota delle camere di raccolta, quota dei serbatoi, con geocalizzazione e vettorializzazione in ambiente GIS (Geographic Information System),<sup>2</sup> ii) verifica della disponibilità di tutti i dati per effettuare i passi successivi iii) calcolo dei potenziali teorici, iv) estrapolazione dei casi da approfondire per la seconda fase, v) sopralluoghi in situ, con relativo completamento dei dati tecnici, vi) analisi tecnico-economica dei casi, vii) calcolo del costo dell'energia.

Dai risultati della prima fase si ottengono potenzialità teoriche, che descrivono quanto potrebbe essere in linea di principio sfruttato. I dati necessari per tale scopo sono le portate medie e il dislivello fra le camere di raccolta delle sorgenti e i serbatoi di arrivo. Tali dati sono stati raccolti attraverso il Piano Cantonale di Approvvigionamento Idrico (PCAI)<sup>3</sup> del Canton Ticino e i Piani Generali dei rispettivi acquedotti.

In termini generali per calcolare la potenza si considera: l'accelerazione di gravità ( $g$ ), la portata media ( $Q$ ), il salto netto ( $H$ ) e il rendimento totale ( $\mu$ ) [Eq. 1]. Nello specifico della ricerca, per calcolare la potenza nella fase di valutazione del potenziale è stata utilizzata la formula [Eq. 2] (derivata dalla Eq. 1), che considera la portata media della sorgente ( $Q_m$ ) ed il salto totale, calcolato attraverso la differenza fra la quota della sorgente ( $H_{s_o}$ ) e la quota del serbatoio ( $H_{s_e}$ ). Il numero 7 della formula Eq.2 deriva da due elementi: l'accelerazione di gravità ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) e  $0,71$  ( $\mu$ ), che rappresenta il rendimento dell'impianto.

$$\text{Potenza [kW]} = g * Q * H * \mu \quad [\text{Eq. 1}]$$

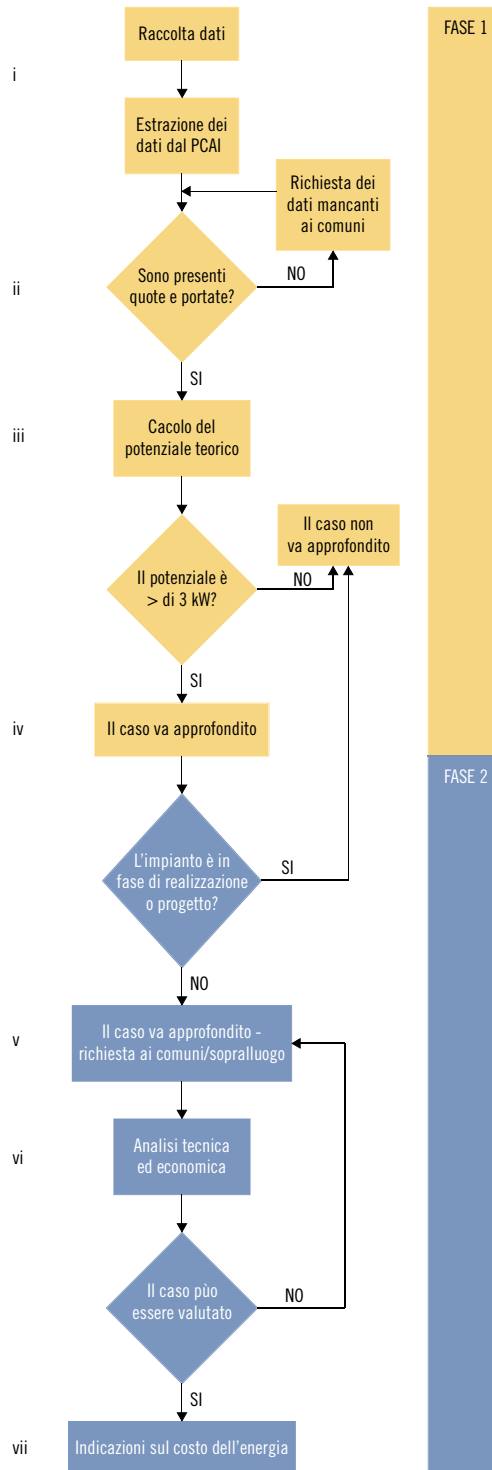
$$\text{Potenza [kW]} = \frac{7 * Q_m \text{ [l/s]} * (H_{s_o} \text{ [m]} - H_{s_e} \text{ [m]})}{1000} \quad [\text{Eq. 2}]$$

$$\text{Produzione [kWh]} = \text{Potenza [kW]} * n^\circ \text{ ore [h]} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Il calcolo della potenza viene poi utilizzato per avere una stima della produzione totale teorica annua dell'impianto, ottenuta utilizzando l'Eq.3, in cui la potenza viene moltiplicata per il

## F.1

Diagramma di flusso dell'attività svolta, ripartita in fase 1 e fase 2



Fonte: ISAAC

numero di ore di funzionamento dell'impianto. Le ore di funzionamento considerate annualmente sono state 8.500 [Eq. 3]. Le ore presenti in un anno sono 8.760; considerando che l'impianto possa funzionare per 8.500 ore significa che si mantiene un margine di 260 ore di non funzionamento, che può considerare ad esempio delle interruzioni dovute alla manutenzione ordinaria o straordinaria.

Una volta ottenute le produzioni teoriche, queste hanno dovuto essere selezionate. La selezione nella fase 1 è avvenuta considerando la

<sup>2</sup> Strumenti software che permettono l'acquisizione, l'elaborazione, l'analisi, la memorizzazione e la rappresentazione delle informazioni territoriali georeferenziate (Burrough, P.A., 1986). In termini più completi si tratta di sistemi che, partendo dall'individuazione di esigenze specifiche, permettono di creare sistemi di conoscenza e supporto alle decisioni, nei quali la componente geografica viene esplicitata (Graci, G. e Sedazzari M., 2008).

<sup>3</sup> Strumento che concretizza la pianificazione a livello cantonale, permettendo di trovare soluzioni a livello regionale, per risolvere problemi locali e sostenere un uso parsimonioso della risorsa idrica.

## F.2

Alcuni casi analizzati durante il progetto, nel comprensorio della Valcolla e di Lugano



Fonti: ISAAC

produzione teorica dell'impianto, che non deve essere inferiore ai 25.000 kWh<sup>4</sup> e deve quindi adempiere alle esigenze energetiche di almeno 7 utenze domestiche, considerando 3.500 kWh<sup>5</sup> di consumi di energia annui per un modello di economia domestica tipo.

Sulla base dei casi esaminati e ritenuti interessanti durante la prima fase del progetto si è strutturata la seconda fase. Scopo dell'approfondimento è quello di escludere i casi non fattibili, considerando sia gli aspetti tecnici sia, in un secondo tempo, quelli economici. Lo studio, dato l'elevato numero di casi e la finalità stessa, non aveva lo scopo di sostituirsi ad analisi di dettaglio svolte sul territorio dagli operatori del settore, quanto piuttosto di evidenziare i casi in cui effettivamente questi approfondimenti possono essere utili e la sistemazione di acquedotti vetusti possa prevedere l'installazione di un sistema di turbinaggio.

La procedura standard utilizzata è stata quella di contattare i comuni/consorzi di riferimento per i casi da approfondire e svolgere un sopralluogo presso le loro sedi [F. 2]. In quella sede sono stati verificati i dati in nostro possesso, e quando possibile sono state approfondite le informazioni sulle portate delle sorgenti. Si sono richieste informazioni sugli interventi previsti in futuro e guardati i casi singolarmente con le persone di riferimento.

Per ognuno dei casi analizzati è stato preparato un foglio di calcolo, con l'analisi dei costi e dei ricavi.

Gli elementi più rilevanti per l'analisi di redditività [T. 1], verificati durante il sopralluogo, sono stati: lo stato delle condotte, della camera

## T.1

Elementi acquisiti durante il sopralluogo presso i comuni

Elemento	Dato/ verifica
Tubi	Posizione dei tubi
	Diametro
	Materiale
	Lunghezza
	Anno di posa
Camera di raccolta	Verifica dello stato del manufatto / presenza di elettricità
	Verifica dei tubi
Serbatoio	Verifica dello stato del manufatto / presenza di elettricità
	Presenza della corrente/trasmisione dati
Tracciato	Verifica del sito (caratteristiche del tracciato, accessibilità)

Fonte: ISAAC

di carico e del serbatoio; il tipo di tracciato e la presenza di una linea di trasporto dell'elettricità al serbatoio e/o alla camera di raccolta.

I costi per la realizzazione delle opere per un impianto di turbinaggio finalizzato alla produzione idroelettrica posta sull'acquedotto sono stati suddivisi in: opere di genio civile (opera di presa, camera di carico, condotta d'alimentazione, manufatto centrale con equipaggiamenti e impianto microturbina); opere idrauliche e opere elettromeccaniche e elettriche. Il tempo di ammortamento considerato è stato di 25 anni. L'analisi di redditività degli impianti è stata eseguita sia considerando i costi imputabili alla realizzazione della microcentrale sia i costi totali del progetto, inclusi quindi quelli relativi ad opere che portano beneficio alla rete acquedottistica ma che tuttavia non sono direttamente legati alla realizzazione della microcentrale

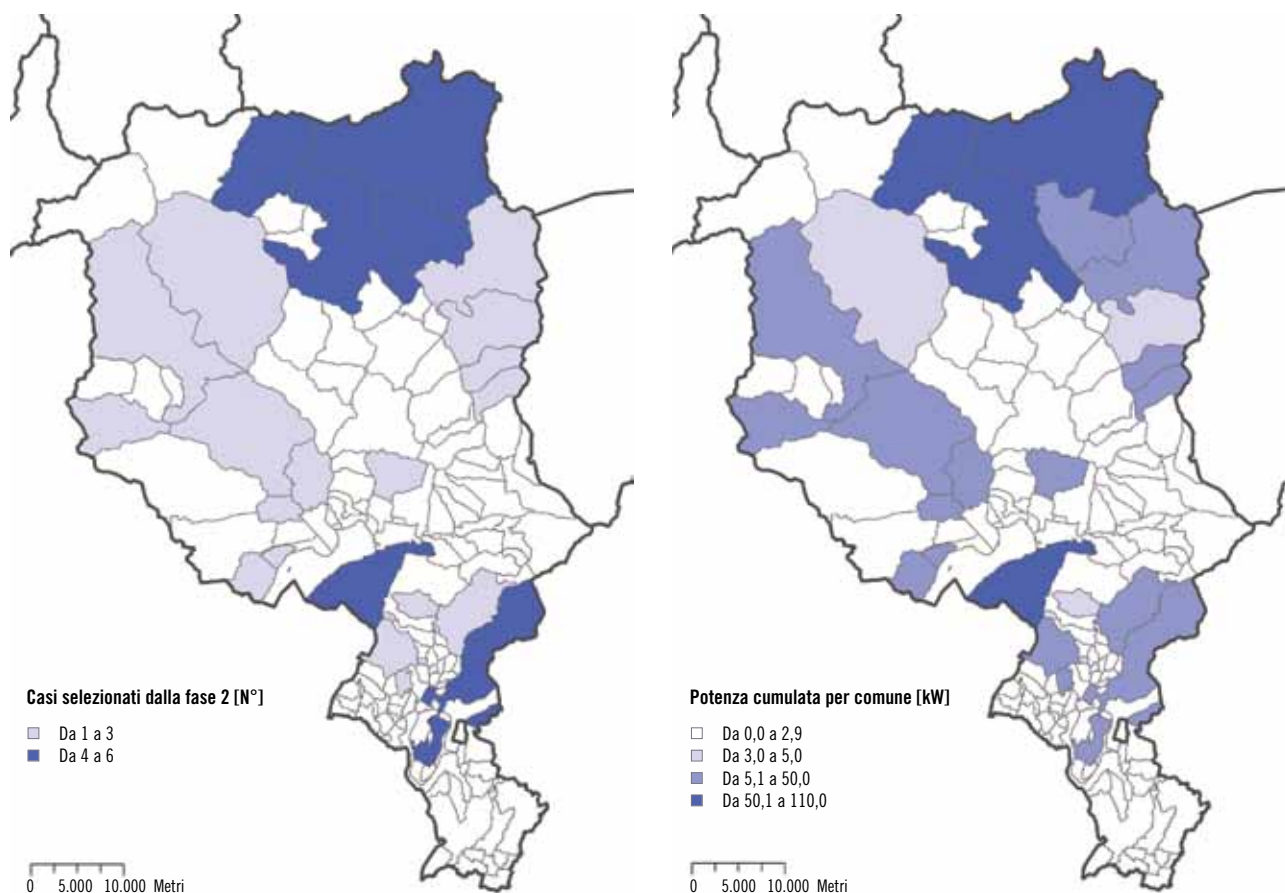
<sup>4</sup> Il manuale *Energie in der Wasserversorgung* indica che la produzione annua per un impianto idroelettrico su acquedotto economicamente sostenibile non dovrebbe essere inferiore a 25.000 kWh.

<sup>5</sup> Il consumo di 3.500 kWh è basato su un'economia domestica composta da quattro persone in un appartamento di 4 ½ locali, fornito di una cucina con piastre elettriche e privo di produzione di calore e acqua calda tramite elettricità.



### F.3

Casi da approfondire (in N) e potenze teoriche cumulate (in kW), nei comuni, al termine della seconda fase del progetto



Fonti: ISAAC

(per esempio i costi relativi alla realizzazione della nuova camera di raccolta delle sorgenti). Nell'investimento iniziale da ammortare sono stati inclusi gli onorari e gli imprevisti, calcolati al 10%. Al costo annuo sull'investimento (ammortamento) è stato aggiunto un costo di manutenzione ordinaria dell'impianto. A tutte le opere è stato applicato un tasso di interesse del 2%. In base alle condizioni è stato valutato il costo di produzione dell'energia come rapporto tra i costi annui (annualità) e la produzione annua di energia.

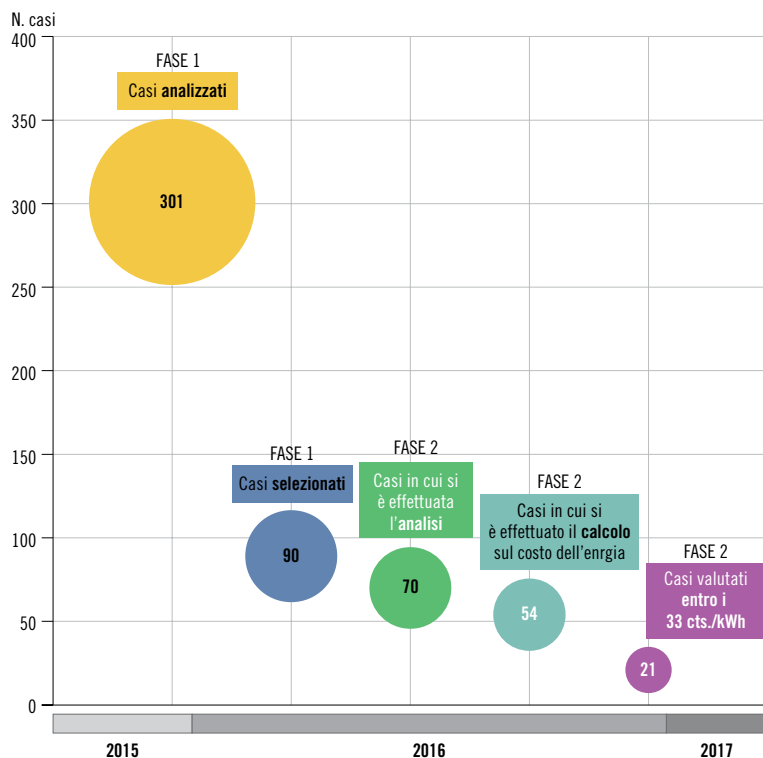
### Risultati

Al termine della seconda fase di progetto è stato possibile identificare i casi che non possono essere realizzati dal punto di vista tecnico. Inoltre, sono state aggiornate le informazioni relative agli impianti già realizzati a livello cantonale, quelli in fase di realizzazione o che hanno in corso studi provvisti di progetti avanzati. Tali casi sono quindi esclusi dall'analisi.

16 casi sono stati analizzati durante i sopralluoghi, ma esclusi per evidenti problematiche emerse nella seconda fase di progetto; di questi non sono stati quindi analizzati i costi dell'ener-



F. 4  
Casi approfonditi durante le diverse fasi del progetto



Fonte: ISAAC



gia. I motivi principali per i quali non è stato possibile effettuare una vera e propria valutazione dei potenziali dal punto di vista tecnico-economico sono i seguenti: l'eccessiva lontananza della corrente elettrica; la presenza delle sorgenti/condotte in zone instabili; l'abbandono delle sorgenti stesse; variazioni considerevoli previste (es. posa di sistemi di ultrafiltrazione, cambiamenti nella gestione dell'acquedotto).

I potenziali sfruttabili, dal punto di vista tecnico sono quindi relativi a 54 casi, per una po-

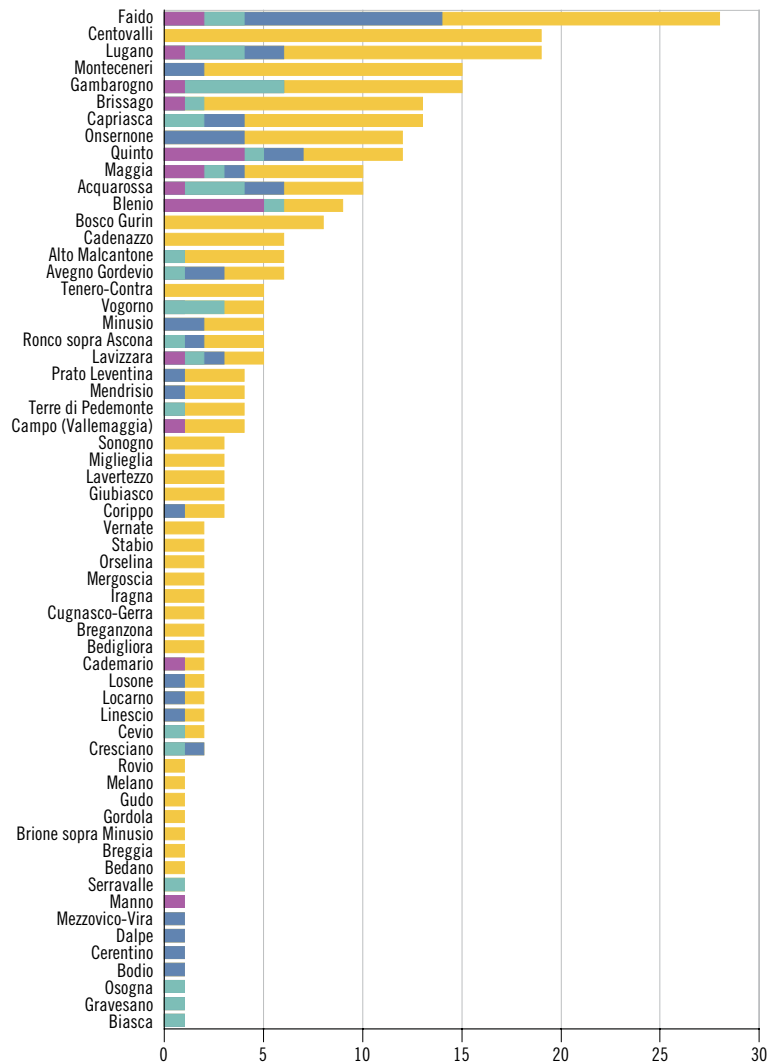
tenza globale complessiva di 700 kW; i comuni interessati sono 24 (18% dei comuni ticinesi) [F. 3, F. 5]. L'immagine [F. 4] presenta l'andamento dei casi dall'inizio alla fine del progetto.

Facendo una classificazione in termini di costo dell'energia [F. 6] è possibile evidenziare che dei 54 casi 11 hanno un costo dell'energia entro i 20 cts. /kWh, 10 hanno un costo compreso fra i 21 e i 33 cts. /kWh, 9 fra i 34 e i 45 cts. /kWh e 24 superano i 46 cts. /kWh.



F. 5

## Casi analizzati, nei comuni

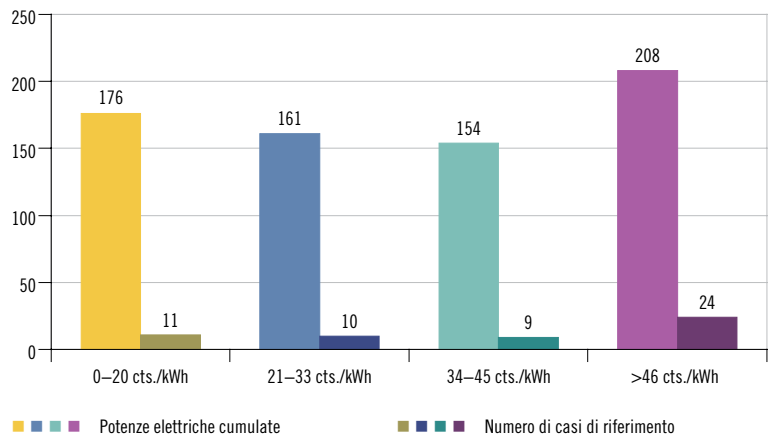


- Casi totali analizzati
- Di cui: casi selezionati (sopra i 3 kW)
- Di cui: casi in cui è stato effettuato il calcolo sul costo dell'energia (valutazione tecnico-economica)
- Di cui: casi valutati entro i 33 cts./kWh

I dati sono ordinati in maniera decrescente in funzione del numero di casi che sono stati analizzati dal punto di vista teorico. Le altre colorazioni corrispondono al processo di selezione illustrato nella figura [F. 4].  
Fonte: ISAAC

F. 6

## Risultati della seconda fase del progetto: potenze elettriche cumulate (in kWh) e numero di casi, secondo il costo dell'energia



Fonte: ISAAC

## F.7

Presentazione dei risultati del progetto durante il pomeriggio informativo del 21 aprile 2017 presso BancaStato a Bellinzona



Fonti: SSIGA

Il fattore che incide maggiormente sui costi dell'energia sono le condotte, se particolarmente lunghe e poste in zone scoscese o subaffioranti. In molti casi l'assenza stessa di corrente elettrica è stata determinante nel far sì che casi con elevata portata o salto diventassero troppo onerosi per pensare ad oggi di approfondirli con progetti di dettaglio per investimenti da effettuare sull'acquedotto.

Il 21 aprile 2017 sono stati presentati i risultati del progetto durante un pomeriggio informativo presso la sede di BancaStato a Bellinzona [F. 7] e contestualmente è stato pubblicato il rapporto di progetto, scaricabile al seguente link: [http://www.bfe.admin.ch/kleinwasserkraft/03875/03877/index.html?lang=de&dossier\\_id=04174](http://www.bfe.admin.ch/kleinwasserkraft/03875/03877/index.html?lang=de&dossier_id=04174).

## Conclusioni

Lo studio ha permesso di fare una stima dei potenziali, non ancora utilizzati, come richiesto dal Piano Energetico Cantonale e di dare quindi un'indicazione, in caso di future necessità, della possibilità di incrementare lo sfruttamento di impianti posti sull'acquedotto. Al termine della prima fase è stato selezionato il 30% dei casi, che poi sono stati approfonditi (89 casi per un potenziale teorico cumulato pari a 1,5 MW). Al termine della seconda fase i casi con potenziali che potevano essere sfruttati ancora dal punto di vista teorico sono risultati essere 54, collocati in 24 comuni per una potenza globale complessiva di circa 700 kW. La ricerca ha mostrato che il fattore maggiore che incide su costi così elevati sono le condotte, particolarmente lunghe e poste in zone scoscese o subaffioranti, e l'assenza stessa di corrente elettrica. Nel caso in cui nei prossimi anni fossero previsti cambi di condotte, che al momento non sono invece pianificati, alcuni

casi che ad oggi risultano particolarmente onerosi (>46 cts. /kWh) in termini di costi/benefici, potrebbero essere rivalutati.

## Bibliografia

Burrough, P.A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Clarendon Press, Oxford, U.K.

Graci, G.; Pileri, P.; Sedazzari M. (2008). *Gis e ambiente, Guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, Flacconio editore, EAN: 9788877588227.

PACER. (1992). *Piccole centrali idrauliche*.

Graf E. (2011). *Stromproduktion aus Trinkwasser*. Infracatt.

SvizzeraEnergia (2003). *Nell'acqua potabile si cela energia ecologica - Energia elettrica dagli acquedotti*.

Bernasconi, G. et al. (2013). *Piano Energetico Cantonale – Piano d'azione 2013 (PEC)*.

UFAFP. (2004). *Istruzioni pratiche per la protezione delle acque sotterranee*.

SVGW. (2013). *W4i - Direttiva per la distribuzione dell'acqua*. pp.51–53.

SVGW & Energieschweiz. (2004). *in Energie in der Wasserversorgung*, pp-134–160.

SvizzeraEnergia. (2014). *Efficienza energetica nelle economie domestiche*.